



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

REC'D 12 MAR 2004

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

03004530.6

BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:
Application no.: 03004530.6
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 28.02.03
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München
ALLEMAGNE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Verfahren zur Zuweisung funktechnischer Ressourcen für eine Datenübertragung in
einem Funkkommunikationssystem

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H04Q7/38

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT SE SI SK TR LI

Beschreibung

Verfahren zur Zuweisung funktechnischer Ressourcen für eine Datenübertragung in einem Funkkommunikationssystem

5

Funkkommunikationssysteme dienen der Übertragung von Informationen, Sprache oder Daten, mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen über eine Funkschnittstelle, auch Luftschnittstelle genannt, zwischen einer sendenden und einer empfangenden Funkstation. Ein Beispiel für ein Funkkommunikationssystem ist das bekannte GSM-Mobilfunksystem sowie dessen Weiterentwicklung mit dem Paketdatendienst GPRS beziehungsweise EDGE, deren Architektur zum Beispiel in B. Walke, Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Band 1, Teubner-Verlag Stuttgart, 1998, Seite 138 bis 151 und Seite 295 bis 311, beschrieben ist. Dabei ist zur Übertragung eines Teilnehmersignals jeweils ein durch einen schmalbandigen Frequenzbereich und einen Zeitschlitz gebildeter Kanal vorgesehen. Da sich ein Teilnehmersignal in einem Kanal in Frequenz und Zeit von den übrigen Teilnehmersignalen unterscheidet, kann die Funkstation eine Detektion der Daten des Teilnehmersignals vornehmen. In neueren Funkkommunikationssystemen, wie zum Beispiel dem UMTS-System, werden die einzelnen Teilnehmer darüber hinaus durch unterschiedliche Spreizcodes unterschieden.

25

Bei der paketvermittelten Datenübertragung erfolgt die Datenübertragung für mehrere Teilnehmer über ein- und denselben physikalischen Kanal. In derzeit üblichen GPRS- beziehungsweise EDGE-Systemen sind für die paketvermittelte Datenübertragung mehrere, zum Beispiel sechs physikalische Kanäle, die als Paketdatenkanäle bezeichnet werden, vorgesehen. Jeder Teilnehmer kann dabei auch mehrere dieser Paketdatenkanäle gleichzeitig belegen (Multislot). Je Teilnehmer wird ein Paketdatenfluss (Temporary Block Flow TBF) dabei in zeitlich begrenzte Funkblöcke zerlegt, die übertragen werden. Dabei werden verschiedene Modulations-/Kodierschemata zum Fehler-schutz angewendet. Die möglichen Modulations-/Kodierschemata

35

unterscheiden sich bezüglich der Aufteilung des Funkblocks in Nutzlast und Fehlerschutzinformation. Je nach eingestelltem Modulations-/Kodierschema haben diese Funkblöcke bei gleicher Länge unterschiedliche Nutzlast. Abhängig von den Funkbedingungen wird einer Verbindung ein Modulations-/Kodierschema mit höherem oder geringerem Fehlerschutz zugeordnet. Bei schlechten Funkbedingungen wird ein Modulations-/Kodierschema mit höherem Fehlerschutz und bei guten Funkbedingungen ein Modulations-/Kodierschema mit geringerem Fehlerschutz zugewiesen. Da sich der Anteil der Nutzlast je nach eingestelltem Modulations-/Kodierschema unterscheidet, unterscheidet sich auch die jeweils erzielbare Datenrate.

Zur Paketdatenvermittlung umfasst ein Funkkommunikationssystem zum Beispiel ein GSM-Mobilfunknetz mit GPRS, eine Vielzahl von Paketdatendienstknoten (Serving GPRS Support Node, SGSN), die untereinander vernetzt sind, und die den Zugang zu einem Festdatennetz herstellen. Die Paketdatendienstknoten sind ferner mit Basisstationssteuerungen (BSC) verbunden. Jede Basisstationssteuerung ermöglicht wiederum eine Verbindung zu mindestens einer Basisstation (BTS) und nimmt die Verwaltung der funktechnischen Ressourcen der angeschlossenen Basisstationen vor. Zur Verwaltung der funktechnischen Ressourcen für paketvermittelte Datenübertragungen umfasst die Basisstationssteuerung eine Paketdatensteuereinheit (Packet Control Unit PCU). Eine Basisstation ist eine Sende/Empfangseinheit, die über eine Funkschnittstelle eine Nachrichtenverbindung zu einem mobilen Endgerät aufbauen kann. Die Zuweisung der einzelnen Teilnehmer auf einen Kanal für eine paketvermittelte Datenübertragung erfolgt über die Paketdatensteuereinheit.

Nach Ankunft der Daten in der Paketdatensteuereinheit PCU werden diese über die sogenannte Abis-Schnittstelle an die Basisstation übertragen, dort kodiert und über die Luft-schnittstelle an die Mobilstation gesendet. Die A_{bis} -Schnittstelle ist eine PCM30-Verbindung mit einer Datenrate

von 64 Kbit/s, die in vier Unterkanäle zu jeweils 16 Kbit/s aufgeteilt wird. Auf der Abis-Schnittstelle wird somit pro Zeitschlitz ein Datenpaket konstanter Länge übertragen. Da einem Teilnehmer auf der Funkschnittstelle abhängig von dem verwendeten Modulations-/Kodierschema eine unterschiedliche Nutzdatenrate zur Verfügung steht, wird auf der Abis-Schnittstelle für die weitere Übertragung dieser Daten abhängig von dem verwendeten Modulations-/Kodierschema eine unterschiedliche Menge an Zeitschlitzten erforderlich. Damit ein Teilnehmer, der über die Funkschnittstelle eine hohe Datenrate erhält, diese hohe Datenrate nutzen kann, müssen daher auf der Abis-Schnittstelle entsprechend ausreichend Zeitschlitzte zugewiesen werden können. Eine Möglichkeit, einen Engpass bei dieser Zuweisung zu vermeiden, besteht darin, die Abis-Schnittstelle so auszulegen, dass jedem Teilnehmer, unabhängig von dem tatsächlich verwendeten Modulations-/Kodierschema die für die höchste Datenrate erforderliche Anzahl an Zeitschlitzten reserviert wird. Dieses führt jedoch zu einer schlechten Ausnutzung der Leitungskapazität.

Der Erfindung liegt somit das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Zuweisung funktechnischer Ressourcen für eine paketvermittelte Datenübertragung anzugeben, bei dem einerseits zufriedenstellende Datenraten für alle Teilnehmer gewährleistet werden und andererseits die vorhandenen Infrastrukturre Ressourcen effektiv genutzt werden.

Dieses Problem wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

In dem Verfahren werden für einen Teilnehmer zuzuweisende Ressourcen auf einer ersten Schnittstelle zwischen einem Endgerät und einem ersten Netzknoten und auf einer zweiten Schnittstelle zwischen dem ersten Netzknoten und einem zweiten Netzknoten gemeinsam bestimmt. Dabei werden sowohl eine vom Teilnehmer angeforderte Datenrate und Übertragungseigen-

schaften der ersten Schnittstelle, als auch ein Zusammenhang zwischen auf der ersten Schnittstelle zuzuweisenden Ressourcen und auf der zweiten Schnittstelle zuzuweisenden Ressourcen berücksichtigt. Ferner wird berücksichtigt, welche Ressourcen anderen Teilnehmern bereits zuvor zugewiesen worden sind. Schließlich wird der Nutzen aller Teilnehmer optimiert. Da in dem erfindungsgemäßen Verfahren die Ressourcen auf der ersten Schnittstelle und der zweiten Schnittstelle gemeinsam zugewiesen werden und dabei der Zusammenhang zwischen den auf der ersten Schnittstelle erforderlichen Ressourcen und den auf der zweiten Schnittstelle erforderlichen Ressourcen berücksichtigt wird, und gleichzeitig der Nutzen aller Teilnehmer optimiert wird, werden einerseits eine zufriedenstellende Datenrate für alle Teilnehmer gewährleistet und andererseits die vorhandenen Infrastrukturressourcen effektiv belegt. Die Tatsache, dass bereits bestehende Zuweisungen anderer Teilnehmer berücksichtigt werden, wirkt sich vorteilhaft auf die für die Zuweisung benötigte Rechenzeit und Prozessorleistung aus.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die erste Schnittstelle als Funkschnittstelle zwischen einem mobilen Endgerät und einer netzseitigen Funkstation, die den ersten Netzknoten bildet, ausgebildet. Auf der ersten Schnittstelle werden Paketdatenkanäle und Modulations- und Kodierschemata zugewiesen. Auf der zweiten Schnittstelle werden ein oder mehrere Zeitschlitzte zugewiesen, wobei die Anzahl der zugewiesenen Zeitschlitzte von der auf der ersten Schnittstelle realisierten Datenrate abhängig ist. Die auf der ersten Schnittstelle realisierte Datenrate hängt von dem zugewiesenen Kodierschema und den Übertragungseigenschaften der ersten Schnittstelle ab. Diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist für die Zuweisung von Ressourcen auf der Funkschnittstelle zwischen mobilem Endgerät und Basisstation und der Abis-Schnittstelle zwischen Basisstation und Basisstationssteuerung in einem GSM/GPRS/EDGE-System geeignet.

Vorzugsweise wird bei der Zuweisung von Elementen auf den Paketdatenkanälen berücksichtigt, auf wie vielen Kanälen das Endgerät gleichzeitig Senden beziehungsweise Empfangen kann. Es werden bei der Ermittlung der zuzuweisenden Elemente auf den Paketdatenkanälen nur Elemente auf höchstens so vielen Paketdatenkanälen betrachtet, wie es der Anzahl der Kanäle, auf denen das Endgerät gleichzeitig Senden beziehungsweise Empfangen kann, entspricht. Dadurch werden Zuweisungsmöglichkeiten, die das Endgerät ohnehin nicht nutzen kann, von vornherein verworfen. Dadurch wird Rechenzeit eingespart.

Vorzugsweise wird als Nutzen eines Teilnehmers der Quotient aus tatsächlicher Datenrate und vom Teilnehmer angeforderter Datenrate definiert. Als Nutzen aller Teilnehmer wird dann das Minimum der Quotienten aus tatsächlicher Datenrate und vom Teilnehmer angeforderter Datenrate für alle Teilnehmer definiert. Vorzugsweise wird der Nutzen aller Teilnehmer in dem Sinne optimiert, dass der Nutzen aller Teilnehmer maximal wird. Das bedeutet, dass der kleinste Quotient für einen Teilnehmer aus tatsächlicher Datenrate und vom Teilnehmer angeforderter Datenrate maximiert wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass alle beteiligten Teilnehmer denselben Anteil an der von ihnen geforderten Datenrate erhalten.

Ist für einen Teilnehmer eine minimale Datenrate vorgegeben, die bei der Datenübertragung von und zu dem Teilnehmer nicht unterschritten werden soll, so liegt es im Rahmen der Erfindung, diese minimale Datenrate für diesen Teilnehmer als Randbedingung bei der Optimierung des Nutzens aller Teilnehmer zu berücksichtigen. Dadurch wird sichergestellt, dass dieser Teilnehmer die minimale Datenrate, die für das Funktionieren seines Dienstes erforderlich ist, auch bei hohem Verkehrsaufkommen erhält.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, für den Teilnehmer zu prüfen, auf welche Anzahl Paketdatenkanäle die zuzuweisenden Elemente verteilt werden. Für alle plausiblen Kombinationen

zusammenhängender Paketdatenkanäle, die der ermittelten Anzahl entsprechen, wird dann eine Zuweisung für den Teilnehmer untersucht und der Nutzen aller Teilnehmer ermittelt. Dem Teilnehmer wird anschließend die Kombination zusammenhängender Paketdatenkanäle zugewiesen, für die sich der größte Nutzen aller Teilnehmer ergibt. Der Nutzen aller Teilnehmer kann mathematisch exakt zum Beispiel durch lineare Optimierung bestimmt werden. Diese Vorgehensweise kombiniert somit eine mathematisch exakte Lösung des Zuweisungsproblems mit einem heuristischem Ansatz für die wahrscheinlich günstigsten zuzuweisenden Zeitschlitzte auf der zweiten Funkschnittstelle.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren und eines Beispiels näher erläutert.

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt aus der Architektur eines GSM/GPRS/EDGE-Systems.

Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm für die Zuweisung von Ressourcen für einen neuen Teilnehmer.

Ein Funkkommunikationssystem (siehe Figur 1) umfasst eine Vielzahl von Basisstationen BTS, über die eine Funkverbindung über eine Funkschnittstelle Um zu einem mobilen Endgerät MS hergestellt werden kann. Die Basisstation BTS ist über eine A_{BIS} -Schnittstelle mit einer Basisstationssteuerung BSC verbunden. Die Basisstationssteuerung BSC ist über eine A_{sub} -Schnittstelle mit einer Transkodier- und Ratenadaptionseinheit TRAU verbunden, die über eine A-Schnittstelle mit einer Mobilvermittlungsstelle MSC verbunden ist. Die Mobilvermittlungsstelle MSC stellt die Verbindung zu anderen Netzen, zum Beispiel zum Festnetz dar. Über die A_{BIS} -Schnittstelle, die A_{sub} -Schnittstelle und die A-Schnittstelle werden leitungsvermittelte Daten übertragen.

Im Basisstationssystem BSS, das aus Basisstation BTS und Basisstationssteuerung BSC gebildet wird, gibt es eine Paket-

datensteuereinheit PCU, die beispielsweise an der Basisstationssteuerung BSC angebracht sein kann. Die Paketdatensteuereinheit PCU ist für die Vermittlung von paketvermittelten Daten zuständig und ist einerseits über die A_{bis} -Schnittstelle mit der Basisstation verbunden und andererseits zum Beispiel über eine G_b -Schnittstelle mit einem Paketdatendienstknoten SGSN verbunden, über den eine Verbindung zu einem Paketdaten-netz, zum Beispiel dem IP-Netz, realisiert wird. Auf der Funkschnittstelle U_m sind Paketdatenkanäle PDCH eingerichtet, über die eine paketvermittelte Datenübertragung realisiert wird. Für die paketvermittelte Datenübertragung stehen im GPRS-System und im EDGE-System verschiedene Modulations- und Kodierschemata zur Verfügung, die sich bezüglich ihres Fehlerschutzes unterscheiden. Modulations-/Kodierschemata, die einen großen Fehlerschutz gewährleisten, sind mit einer geringeren Datenübertragungsrate, Modulations-/Kodierschemata, die einen geringen Fehlerschutz bieten, sind mit einer höheren Datenübertragungsrate verbunden. Je nach den Übertragungsverhältnissen auf der Luftschnittstelle und den Anforderungen eines Teilnehmers bezüglich der Datenrate wird eine Verbindung von der Paketdatensteuereinheit PCU ein passendes Modulations-/Kodierschema zugewiesen. Die tatsächlich erzielte Datenrate hängt einerseits vom verwendeten Modulations-/Kodierschema und andererseits von der Zahl der erforderlichen Übertragungswiederholungen (retransmission rate) ab und wird anhand von Funkplanungstabellen beziehungsweise Messungen bestimmt.

In einem Ausführungsbeispiel sei die Anzahl der Paketdatenkanäle K , auf die N paketvermittelte Datenübertragungen von N Teilnehmern allokiert werden sollen. Jedem Paketdatenkanal kann dabei mehr als ein Teilnehmer zugewiesen werden, jedoch nicht mehr als eine maximale Anzahl N_{max} . Im GSM-System können bis zu 16 Teilnehmer auf einen Paketdatenkanal allokiert werden. Daraus folgt $1 \leq N_{max} \leq 16$.

Dabei können einem Teilnehmer Elemente auf mehr als einem Paketdatenkanal zugewiesen werden, wenn das Endgerät des Teilnehmers fähig ist, auf mehreren Kanälen gleichzeitig zu senden oder empfangen. Diese Eigenschaft wird als multislot capability bezeichnet. In heutigen GSM-Systemen ist es üblich, dass in diesem Fall dem Teilnehmer Elemente auf zusammenhängenden Kanälen, das heisst Kanälen mit fortlaufender Nummerierung zugewiesen werden.

10 Beim Verbindungsaufbau fordert ein Teilnehmer i eine Zieldatenrate R_i^* an, die soweit möglich erreicht werden sollte. Ferner gibt der Teilnehmer i eine minimale Datenrate R_i^{\min} an, die für die Datenübertragung nicht unterschritten werden soll. Beispiele dafür sind Videoströme, bei denen eine Übertragung nicht mehr sinnvoll ist, sollte eine Mindestrate nicht garantiert werden können. Tatsächlich erhält der Teilnehmer die Datenrate R_i , die von den Übertragungseigenschaften des Funkkanals, von der Auslastung des Netzes und den dem Teilnehmer zugeteilten Ressourcen abhängt. Dabei gehen die physikalischen Ausbreitungsbedingungen wie zum Beispiel der Abstand zwischen dem mobilen Endgerät und der Basisstation, Abschattungseffekte oder die Interferenzsituation, und die anwendbaren Modulations-/Kodierschemata ein. Die Datenrate, die ein Teilnehmer i erhalten kann, wenn er einen physikalischen Kanal exklusiv nutzen könnte, wird mit S_i^c bezeichnet und hängt von dem angewandten Modulations-/Kodierschema C ab

$$\{S_i^c: C = MCS-1, \dots, MCS-9\}.$$

Die tatsächlich erzielte Datenrate R_i hängt somit von dem zugewiesenen Modulations-/Kodierschema C ab. Ferner hängt sie von dem Anteil $p_{i,j}$ ab, den der Teilnehmer i auf dem Kanal j aufgrund der Zuweisung erhält. Dabei gilt

$$0 \leq p_{i,j} \leq 1, (1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq K)$$

$$\sum_{j=1}^K p_{i,j} = 1.$$

$$(p_{i,j} > 0)$$

bedeutet, dass der Teilnehmer i einen Anteil $p_{i,j}$ auf dem Paketdatenkanal j zugewiesen bekommen hat.

Für ein gegebenes Modulations-/Kodierschema C und die Größen S^C und $p_{i,j}$, ist die tatsächliche Datenrate für den Teilnehmer i

$$R_i = \sum_{j=1}^K S_i^C p_{i,j}.$$

Je nach Auslastung des Systems und den Funkfeldbedingungen wird die tatsächliche Datenrate R_i größer, gleich oder kleiner als die vom Teilnehmer i geforderte Zieldatenrate R_i^* sein. Ein Maß für die Zufriedenheit des Teilnehmers i sei der Nutzen U_i des Teilnehmers i , der folgendermaßen definiert wird:

$$U_i := \frac{R_i}{R_i^*}.$$

Mit dem Verfahren zur Zuweisung von Ressourcen wird die Zuweisungsmatrix $(p_{i,j})$ bestimmt, die den Nutzen U_i für alle Teilnehmer

$$i \in \{1, \dots, N\}$$

optimiert. Da es nicht möglich ist, den Nutzen U_i für einen Teilnehmer i zu erhöhen, ohne den Nutzen U_k für alle anderen Teilnehmer k zu reduzieren, wird der Nutzen aller Teilnehmer definiert und dieser optimiert. Der Nutzen U aller Teilnehmer wird folgendermaßen definiert

$$U = F(U_1, \dots, U_N) := \min\{U_1, \dots, U_N\}.$$

Bei der Optimierung des Nutzens aller Teilnehmer U wird somit der Nutzen desjenigen Teilnehmers i maximiert, der den kleinsten Nutzen U_i aufweist. Dadurch wird berücksichtigt, dass die angeforderte Zieldatenrate der einzelnen Teilnehmer unterschiedlich ist. Mathematisch ausgedrückt bedeutet dies: Maximiere die Funktion

$$(p_{i,j}) \rightarrow \min\{U_1(p_{i,j}), \dots, U_N(p_{i,j})\}, \quad \text{i.e.}$$

$$\text{Max}_P \{ \text{Min} \{ U_1(P), \dots, U_N(P) \} \}$$

mit den Randbedingungen

$$\sum_{j=1}^K p_{i,j} = 1, \text{ für alle Kanäle } \langle j \rangle$$

$$0 \leq p_{i,j} \leq 1$$

$$R_i \geq R_i^{\min} \quad \text{für alle Teilnehmer } 1 \leq i \leq N.$$

Der Wert V der optimalen Zuweisungsmatrix $(p_{i,j})$ wird folgendermaßen definiert

$$V := \text{Max}_P \text{Min} \{ U_1, \dots, U_N \}.$$

10 Solange für alle Teilnehmer i gilt

$$R_i \geq R_i^{\min}$$

gilt

$$U_1 = U_2 = \dots = U_N.$$

15 Bei der Bestimmung der Zuweisungsmatrix müssen folgende zusätzliche Randbedingungen berücksichtigt werden: Die Anzahl der Zeitschlitzte, auf denen das mobile Endgerät senden beziehungsweise empfangen kann, ist in der Regel kleiner als die Anzahl k der Paketdatenkanäle PDCH. Ferner kann ein- und derselbe Paketdatenkanal PDCH nur einer begrenzten Anzahl N_{\max}

20 Teilnehmer zugewiesen werden. Schließlich steht nur eine begrenzte Anzahl von Zeitschlitzten auf der A_{bis} -Schnittstelle zur Verfügung, so dass möglicherweise nicht jedes Modulations-/Kodierschema angewendet werden kann. Die anwendbaren Modulations-/Kodierschemata hängen ab von der aktuellen Zuwei-

25 sung der A_{bis} -Zeitschlitzte zu den Paketdatenkanälen und von der Anzahl der aktuell nicht benutzten A_{bis} -Kanäle.

Das Problem der maximalen Anzahl N_{\max} der Teilnehmer, denen ein- und derselbe Paketdatenkanal zugewiesen werden kann,

30 wird durch Einführen einer neuen Randbedingung für $p_{i,j}$ gelöst:

$$p_{i,j} \geq \frac{1}{N_{\max}}.$$

Sind bereits N Teilnehmer auf den verfügbaren Paketdatenkanälen PDCH allokiert, und soll eine neue Verbindung für einen neuen Teilnehmer N+1 aufgebaut werden, so wird zunächst durch entsprechende Randbedingungen dafür gesorgt, dass die schon

5 allokierten Teilnehmer ihre aktuelle Zuweisung zu den Paketdatenkanälen behalten. Sei ein Teilnehmer i auf den Paketdatenkanälen ($j_1 \dots$ bis j_M) allokiert, so wird

$$p_{i,j} \leq 0$$

für

10 $j \in \{j_1, \dots, j_M\}$

festgeschrieben. Bei der Suche nach Paketdatenkanälen für den neuen Teilnehmer N+1 wird

$$p_{N+1,j} \leq 0$$

für alle

15 $j \in \{j_1, \dots, j_M\}$

festgeschrieben, um zu verhindern, dass der Teilnehmer N+1 auf einem anderen Paketdatenkanal allokiert wird.

Es werden vernünftig erscheinende Zuweisungen untersucht. Als

20 vernünftig erscheinende Zuweisungen werden Kombinationen von Paketdatenkanälen betrachtet, deren Anzahl der Zeitschlitzfähigkeit des mobilen Endgerätes entspricht und die auf aufeinanderfolgenden Paketdatenkanälen angeordnet sind. Ist die Anzahl k der Paketdatenkanäle 6, die Zeitschlitzfähigkeit des

25 mobilen Endgerätes 4, so ergeben sich nur die drei Alternativen $\{0,1,2,3\}$, $\{1,2,3,4\}$, $\{2,3,4,5\}$. Für diese drei Alternativen wird die Zuweisung berechnet. Nachfolgend wird aus den sich ergebenden Werten V der Zuweisungsmatrix die größte ausgewählt. Bei dieser Vorgehensweise mag zwar eine Zuweisung,

30 die mit einer größeren Umverteilung der Kanäle verbunden wäre, und möglicherweise das wirkliche Optimum darstellt, nicht gefunden werden. Dafür wird auf diese Weise die Zahl der linearen Optimierungen, die berechnet werden müssen, begrenzt. Dadurch wird Prozessorleistung eingespart.

Als Ergebnis wird die Zuweisungsmatrix (p_{ij}) , die Anzahl der zugewiesenen A_{bis} -Kanäle (A_j) und das ausgewählte Modulations-/Kodierschema CS für den Teilnehmer $N+1$ ermittelt.

- 5 Zur Vorbereitung der Optimierungsaufgabe muss ausgehend von der Anzahl der verfügbaren A_{bis} -Kanäle und dem Vektor S^C das beste verfügbare Modulations-/Kodierschema CS berechnet werden. Es handelt sich dabei um dasjenige Modulations-/Kodierschema mit der größten Datenrate, für das ausreichend A_{bis} -
- 10 Kanäle schon entsprechenden Paketdatenkanälen zugewiesen sind oder ausreichend A_{bis} -Kanäle frei verfügbar sind. Für das gegebene Modulations-/Kodierschema werden dann die Matrizen und Vektoren aufgebaut, die Eingangsgrößen für die lineare Optimierung sind.
- 15 Bei dieser Vorbereitung wird bereits eine Entscheidung getroffen, welche A_{bis} -Kanäle und welches Modulations-/Kodierschema zugewiesen werden soll. Mittels linearen Optimierung wird die optimale Zuweisung $(p_{i,j})$ und deren Wert V bestimmt.
- 20 Dadurch wird unter den vorab ausgewählten Zuweisungsmöglichkeiten der A_{bis} -Kanäle und des Modulations-/Kodierschemas das günstigste ausgewählt.
- 25 In dem Verfahren bleibt die Zuweisung von Teilnehmern zu ihren Paketdatenkanälen erhalten. Der Anteil des jeweiligen Teilnehmers am jeweiligen Kanal kann sich jedoch bei jeder Allokation ändern. Dadurch werden die Dienstgüteanforderungen der schon zugewiesenen Benutzer erhalten.
- 30 Beendet ein Teilnehmer seine Verbindung, so werden die Zuweisungen der Ressourcen für die verbleibenden Benutzer neu berechnet. Das Verfahren bewirkt dann, dass die verbleibenden Benutzer weiterhin denselben Paketdatenkanälen zugewiesen sind. Sollten dadurch Paketdatenkanäle leer werden, so kann
- 35 durch ein heuristisches Verschieben ein Teil der Allokationen verändert werden.

Ändern sich die Funkverhältnisse für schon allokierte Benutzer deutlich, so sollte die gemeinsame Zuweisung neu berechnet werden. Dasselbe gilt, falls A_{bis} -Kanäle frei werden.

- 5 In einem Ausführungsbeispiel wird eine Sende/Empfangseinheit einer Basisstation mit 6 Paketdatenkanälen $\{0,1,2,3,4,5\}$ betrachtet. Zu Beginn sind alle Paketdatenkanäle leer. Es wird angenommen, dass die maximale Zahl der Teilnehmer, denen ein Paketdatenkanal zugewiesen werden kann, 8 ist. Damit ist die
- 10 unter Grenze für die Anteile $(p_{i,j})$ $1/8$, falls der Teilnehmer i auf den Paketdatenkanal j allokiert wird. Es wird angenommen, dass 26 A_{bis} -Kanäle auf der A_{bis} -Schnittstelle verfügbar sind. Keiner der A_{bis} -Kanäle ist allokiert.
- 15 In dem Ausführungsbeispiel wird die aufeinander folgende Ankunft von Teilnehmern 1, 2 und 3 betrachtet. Die Eigenschaften der Teilnehmer 1, 2 und 3 sind in Tabelle 1 dargestellt.

	Teilnehmer 1	Teilnehmer 2	Teilnehmer 3	
SignalzuStörverhältnis C/I	15 dB	20 dB	30 dB	
Datenrate für das Modulations-/Kodierschema	S^c	S^c	S^c	#Abis TS per PDCH
MCS-1	8.4Kbit/s	8.8Kbit/s	8.8Kbit/s	1
MCS-2	10.6	11.1	11.2	2
MCS-3	13.7	14.6	14.8	2
MCS-4	15.4	17.0	17.6	2
MCS-5	18.1	21.6	22.4	2
MCS-6	24.5	27.2	29.6	3
MCS-7	24.3	35.9	44.5	4
MCS-8	22.6	39.7	53.6	5
CS-9	19.2	38.2	57.6	5
Mobile Time Slot Capability	4 Zeitschlitze	3 Zeitschlitze	4 Zeitschlitze	
Zieldatenrate	64 Kbit/s	111 Kbit/s	80 Kbit/s	
Minimale Datenrate	16 Kbit/s	32 Kbit/s	16 Kbit/s	

In der Tabelle sind jeweils das Signal-zu-Störverhältnis, die Datenraten für vorgegebenes Modulations-/Kodierschema, die Fähigkeit des mobilen Endgerätes gleichzeitig auf verschiedenen Zeitschlitzten zu senden und zu empfangen, d.h. die Mobile timeslot capability, die Zieldatenrate und die minimale Datenrate angegeben. Für die verschiedenen Modulations-/Kodierschemata ist zusätzlich die Anzahl der A_{bis} -Kanäle pro Paketdatenkanal A_{bis} TS per TDCH angegeben.

10 Aus diesen Daten wird zur Vorbereitung die Liste

$$\{S^c: C=MCS-1, \dots, MCS-9\}$$

erzeugt, die angibt, welche Datenraten der Teilnehmer zu erwarten hat auf jedem der Paketdatenkanäle, falls nur der Teilnehmer auf diesen Paketdatenkanälen allokiert ist.

Bei Ankunft des Teilnehmers 1 wird überprüft, welche möglichen Ressourcen zur Verfügung stehen (siehe Figur 2, Schritt 1). Das beste Modulations- und Kodierschema für Teilnehmer 1 ist MCS-6. Damit kann der Teilnehmer 1 bis zu 24,5 Kbit/s auf jedem der Paketdatenkanäle erreichen. Der Teilnehmer Nummer 1 wird auf die Paketdatenkanäle $\{0,1,2,3\}$ allokiert. Für jeden der Paketdatenkanäle werden 3 A_{bis} -Kanäle benötigt. Für die Zuweisungsmatrix P ergibt sich somit

$$P = \begin{bmatrix} 1.0 & 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}.$$

Für den A_{bis} -Zuweisungsvektor ergibt sich

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Für den Teilnehmer 1 sind nun 12 A_{bis} -Kanäle belegt. Es verbleiben somit $26-12=14$ A_{bis} -Kanäle.

Nachfolgend wird eine Verbindung für Teilnehmer 2 aufgebaut. Für Teilnehmer 2 ist MSC-8 das Modulations/Kodierschema, bei dem die höchste Datenrate von 39,7 Kbit/s auf jedem Paketdatenkanal erreicht werden kann, falls der Teilnehmer 2 die Paketdatenkanäle nicht mit einem anderen Benutzer teilen muss. Das Modulations/Kodierschema MCS8 benötigt 5 A_{bis} -Kanäle für

jeden Paketdatenkanal. Für den Teilnehmer 2 ergeben sich somit vier Alternativen der Zuweisung. Es sind ausreichend A_{bis} -Kanäle verfügbar, um dem Teilnehmer 2 das beste Modulations/Kodierschema zuweisen zu können.

5

Alternative 1: Allokation des Teilnehmers 2 auf die Paketdatenkanäle $\{0,1,2\}$. Es ergeben sich folgende Zuweisungsmatrizen P_1 und A_{bis} -Vektoren A_1 mit dem Wert V_1

10

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0.31 & 0.31 & 0.31 & 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.69 & 0.69 & 0.69 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$A_1 = [3+2 \quad 3+2 \quad 3+2 \quad 3 \quad 0 \quad 0]$$

$$V_1 = \max \min \{ U_1, U_2 \} = 0.7369$$

15 Für diese Allokierung werden für jeden der Paketdatenkanäle $\{0,1,2\}$ 2 A_{bis} -Kanäle zusätzlich benötigt. Das heisst, es verbleiben freie A_{bis} -Kanäle: $14-6=8$.

Alternative 2: Allokierung des Teilnehmers 2 auf die Paketdatenkanäle $\{1,2,2,3\}$. Damit ergibt sich

20

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.31 & 0.31 & 0.31 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.69 & 0.69 & 0.69 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = [3 \quad 3+2 \quad 3+2 \quad 3+2 \quad 0 \quad 0]$$

$$V_2 = \max \min \{ U_1, U_2 \} = 0.7369$$

25 Auch in diesem Fall müssen für die Paketdatenkanäle $\{1,2,3\}$ jeweils zwei zusätzliche A_{bis} -Kanäle eingesetzt werden. Es verbleiben somit $14-6=8$ unbenutzte A_{bis} -Kanäle.

30 Alternative 3: Allokierung des Teilnehmers 2 auf die Paketdatenkanäle $\{2,3,4\}$. Damit ergibt sich

$$P_3 = \begin{bmatrix} 1.0 & 1.0 & 0.21 & 0.21 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.79 & 0.79 & 1.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$A_3 = [3 \quad 3 \quad 3+2 \quad 3+2 \quad +5 \quad 0]$$

$$V_3 = \max \min \{ U_1, U_2 \} = 0.9242.$$

In diesem Fall müssen für die Paketdatenkanäle {2,3} jeweils 2 zusätzliche A_{bis} -Kanäle zugewiesen werden, für den Paketdatenkanal 4 müssen 5 zusätzliche A_{bis} -Kanäle zugewiesen werden.

5 Damit ergibt sich für die verbleibenden A_{bis} -Kanäle $14-9=5$.

Alternative 4: Allokierung des Teilnehmers 2 auf die Paketdatenkanäle {3,4,5}. Damit ergibt sich

$$10 \quad P_4 = \begin{bmatrix} 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0.125 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.875 & 1.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 & 3+2 & +5 & +5 \end{bmatrix}$$

$$V_4 = \max \min \{ U_1, U_2 \} = 1.0281.$$

15 In diesem Fall muss auf dem Paketdatenkanal 3 zwei zusätzliche A_{bis} -Kanäle und auf den Paketdatenkanälen {4,5} jeweils 5 A_{bis} -Kanäle zugewiesen werden. Daher verbleiben $14-12=2$ freie A_{bis} -Kanäle.

20 Für jede der Alternativen wird der Wert V_i , $i=1,2,3,4$ mit Hilfe einer linearen Optimierung berechnet (siehe Schritt 2 in Figur 2). Es wird das Maximum bestimmt, das mit der Alternative 4 erzielt wird (siehe Schritt 3 in Figur 2). Daher werden dem Teilnehmer 2 die Ressourcen entsprechend der Alternative 4 zugewiesen (siehe Schritt 4 in Figur 2).

25

Nachfolgend wird eine weitere Verbindung für Teilnehmer 3 aufgebaut. Die Ausgangssituation ist, dass nur noch zwei freie A_{bis} -Kanäle verfügbar sind. Für den Teilnehmer 3 wäre das beste Modulations/Kodierschema MCS-9, mit dem eine maximale Datenrate von 57,6 Kbit/s erzielt werden kann. Wegen der Belegung der A_{bis} -Kanäle kann der Teilnehmer 3 nur auf den Paketdatenkanälen {2,3,4,5} das Modulations/Kodierschema MCS-9 erhalten. Bei einer Allokation auf den Paketdatenkanälen {1,2,3,4} ist nur die Verwendung des Modulations/Kodierschemas MCS-7 oder geringerer Kodierschemata möglich, bei denen 4 A_{bis} -Kanäle pro Paketdatenkanal erforderlich

30

35

sind. Bei einer Allokierung auf die Paketdatenkanäle {0,1,2,3} ist nur die Verwendung des Modulations-/Kodierschemas MCS-6 und geringerer Kodierschemata möglich, da bei einer Verwendung von MCS-6 nur 3 A_{bis} -Kanäle pro Paketdatenkanal erforderlich sind.

Nachfolgend werden für die gefundenen Zuweisungsalternativen die Zuweisungsmatrix P_i , der A_{bis} -Zuweisungsvektor A_i und der Wert V_i ermittelt.

Alternative 1: Allokierung des Teilnehmers 3 auf die Paketdatenkanäle {0,1,2,3} mit dem Modulations/Kodierschema MCS-6 führt zu folgendem Ergebnis

$$P_1 = \begin{bmatrix} 0.45 & 0.45 & 0.45 & 0.56 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.125 & 1.0 & 1.0 \\ 0.55 & 0.55 & 0.55 & 0.315 & 0.0 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$A_1 = [3+0 \quad 3+0 \quad 3+0 \quad 5+0 \quad 5 \quad 5]$$

$$V_1 = \text{Max Min } \{U_1, U_2, U_3\} = 0.7291.$$

Da für diese Alternative keine zusätzlichen A_{bis} -Kanäle zugewiesen werden müssen, verbleiben zwei unbenutzte A_{bis} -Kanäle.

Alternative 2: Allokierung des Teilnehmers 3 auf die Paketdatenkanäle {1,2,3,4} mit dem Modulations- und Kodierschema MCS-7 ergibt folgendes Ergebnis

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.38 & 0.38 & 0.41 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.46 & 0.87 & 1.0 \\ 0.0 & 0.62 & 0.62 & 0.13 & 0.13 & 0.0 \end{bmatrix}$$

$$A_2 = [3 \quad 3+1 \quad 3+1 \quad 5+0 \quad 5+0 \quad 5]$$

$$V_2 = \text{Max Min } \{U_1, U_2, U_3\} = 0.8325.$$

Für diese Alternative werden für die Paketdatenkanäle 1 und 2 jeweils ein zusätzlicher A_{bis} -Kanal benötigt. Damit verbleiben keine unbenutzten A_{bis} -Kanäle.

Alternative 3: Allokierung des Teilnehmers 3 auf die Paketdatenkanäle {2,3,4,5} mit dem Modulations/Kodierschema MCS-9.

Es ergibt sich

$$\begin{aligned}
 P_3 &= \begin{bmatrix} 1.0 & 1.0 & 0.17 & 0.14 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.73 & 0.87 & 0.87 \\ 0.0 & 0.0 & 0.83 & 0.13 & 0.13 & 0.13 \end{bmatrix} \\
 A_3 &= [3 \quad 3 \quad 3+2 \quad 5+0 \quad 5+0 \quad 5+0] \\
 V_3 &= \text{Max Min } \{U_1, U_2, U_3\} = 0.8833.
 \end{aligned}$$

Für diese Alternative muss dem Paketdatenkanal 2 zwei weitere A_{bis} -Kanäle zugewiesen werden. Es verbleiben somit keine unbenutzten A_{bis} -Kanäle.

Nachfolgend wird das Maximum der Werte V_i , $i=1,2,3$, bestimmt. V_3 ist der größte Wert, so dass eine Zuweisung der Ressourcen für Teilnehmer 3 entsprechend der Alternative 3 erfolgt.

Beim Verbindungsabbau des Teilnehmers 1 wird die Matrix p neu berechnet. Sie weist nunmehr nur noch zwei Zeilen auf, wobei die erste Zeile dem Teilnehmer 2 und die zweite Zeile dem Teilnehmer 3 entspricht. Es ergibt sich

$$\begin{aligned}
 P &= \begin{bmatrix} 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.875 & 0.875 & 0.875 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 & 0.125 & 0.125 & 0.125 \end{bmatrix} \\
 A &= [3-3 \quad 3-3 \quad 5 \quad 5 \quad 5 \quad 5].
 \end{aligned}$$

Es werden 6 A_{bis} -Kanäle freigegeben. Die Paketdatenkanäle 0 und 1 sind nicht mehr benutzt. Eine Verschiebung des Teilnehmers 2 auf die Paketdatenkanäle 0,1,2 müsste mit einem heuristischen Verfahren ausserhalb des beschriebenen Verfahrens erfolgen.

28. Feb. 2003

Patentansprüche

1. Verfahren zur Zuweisung funktechnischer Ressourcen für eine Datenübertragung in einem Funkkommunikationssystem,
- 5 bei dem für einen Teilnehmer zuzuweisende Ressourcen auf einer ersten Schnittstelle zwischen einem Endgerät und einem ersten Netzknoten und auf einer zweiten Schnittstelle zwischen dem ersten Netzknoten und einem zweiten Netzknoten gemeinsam bestimmt werden, wobei eine vom Teilnehmer angeforderte Datenrate und Übertragungseigenschaften der ersten
- 10 Schnittstelle berücksichtigt werden, wobei ein Zusammenhang zwischen auf der ersten Schnittstelle zuzuweisenden Ressourcen und auf der zweiten Schnittstelle zuzuweisenden Ressourcen berücksichtigt wird, und wobei bereits bestehende Zuweisungen anderer Teilnehmer zu Ressourcen berücksichtigt werden
- 15 und der Nutzen aller Teilnehmer optimiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
- bei dem die erste Schnittstelle als Funkschnittstelle
- 20 zwischen einem mobilen Endgerät und einer netzseitigen Funkstation, die den ersten Netzknoten bildet, ausgebildet ist,
- bei dem dem Teilnehmer für die Übertragung über die erste Schnittstelle ein Kodierschema und ein oder mehrere Elemente von Paketdatenkanälen zugewiesen werden,
- 25 - bei dem dem Teilnehmer für die Übertragung über die zweite Schnittstelle ein oder mehrere Zeitschlitzze zugewiesen werden, wobei zwischen der Anzahl der auf der zweiten Schnittstelle zugewiesenen Zeitschlitzze und dem zugewiesenen Kodierschema ein Zusammenhang besteht.
- 30
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem dem Teilnehmer Elemente auf höchstens so vielen Paketdatenkanälen zugewiesen werden, wie es der Anzahl der Kanäle entspricht, auf denen das Endgerät gleichzeitig senden beziehungsweise empfangen kann.
- 35
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

- bei dem als Nutzen eines Teilnehmers der Quotient aus tatsächlicher Datenrate und vom Teilnehmer angeforderter Datenrate definiert wird,
- bei dem als Nutzen aller Teilnehmer das Minimum der Quotienten aus tatsächlicher Datenrate und vom Teilnehmer angeforderter Datenrate für alle Teilnehmer definiert wird,
- bei dem der Nutzen aller Teilnehmer in dem Sinne optimiert wird, dass der Nutzen maximal wird.

10

5. Verfahren nach Anspruch 4,

- bei dem für eine bestimmte Anzahl von Teilnehmern eine minimale Datenrate vorgegeben wird, die bei der Datenübertragung von und zu dem Teilnehmer nicht unterschritten werden soll,
- bei dem die minimale Datenrate für diese Teilnehmer als Randbedingung bei der Optimierung des Nutzens aller Teilnehmer berücksichtigt wird.

15

20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

- bei dem für den Teilnehmer geprüft wird, auf welche Anzahl Paketdatenkanäle die zuzuweisenden Elemente verteilt werden,
- bei dem für eine nicht notwendigermaßen echte Teilmenge aller Kombinationen zusammenhängender Paketdatenkanäle, die der ermittelten Anzahl entsprechen, eine Zuweisung für den Teilnehmer untersucht wird und der Nutzen aller Teilnehmer ermittelt wird,
- bei dem dem Teilnehmer die Kombination zusammenhängender Paketdatenkanäle zugewiesen wird, für die sich der größte Nutzen aller Teilnehmer ergibt.

30

28. Feb. 2003

Zusammenfassung

Verfahren zur Zuweisung funktechnischer Ressourcen für eine Datenübertragung in einem Funkkommunikationssystem

5

Bei der Zuweisung funktechnischer Ressourcen für eine Datenübertragung werden für einen Teilnehmer zuzuweisende Ressourcen auf einer ersten Schnittstelle zwischen einem Endgerät und einem ersten Netzknoten und auf einer zweiten Schnittstelle zwischen dem ersten Netzknoten und einem zweiten Netzknoten gemeinsam bestimmt, wobei eine vom Teilnehmer angeforderte Datenrate und Übertragungseigenschaften der ersten Schnittstelle berücksichtigt werden, wobei ein Zusammenhang auf der ersten Schnittstelle zuzuweisenden Ressourcen und auf der zweiten Schnittstelle zuzuweisenden Ressourcen berücksichtigt wird, wobei bereits bestehende Zuweisungen anderer Teilnehmer berücksichtigt werden und wobei der Nutzen aller Teilnehmer optimiert wird.

20 Figur 1

28. Feb. 2003

FIG 1

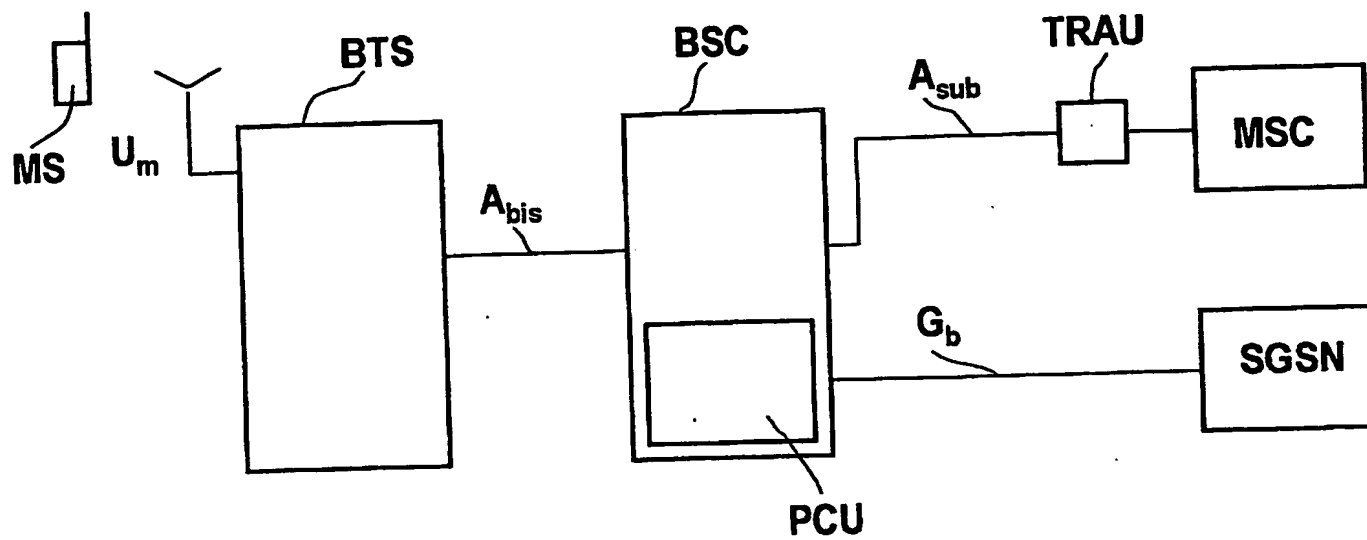


FIG 1

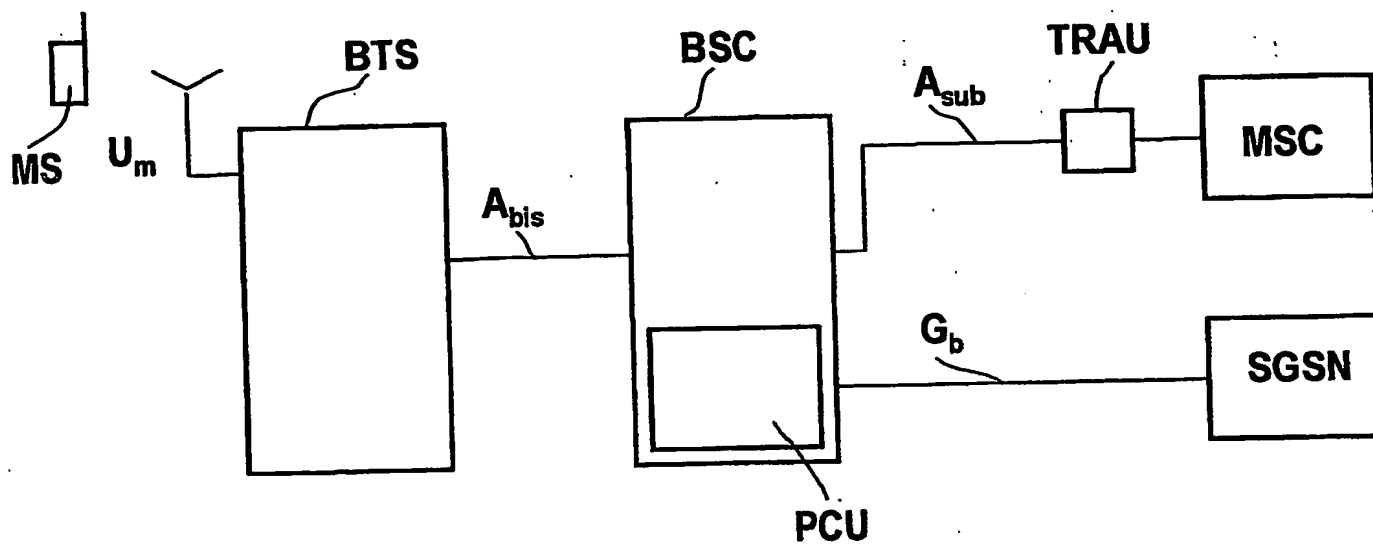
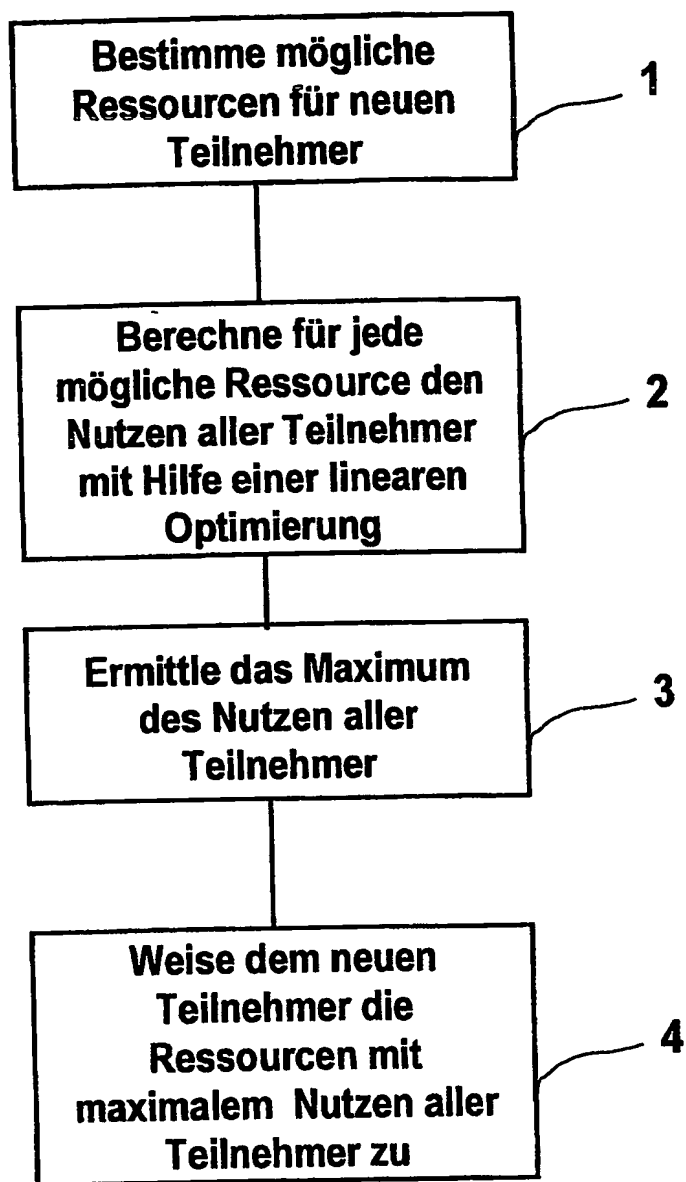


FIG 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.